

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 5 日
Date of Application:

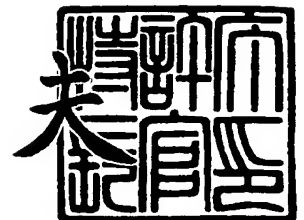
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 8 3 3 2 4
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 8 3 3 2 4]

出 願 人 株式会社東芝
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 2 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 3 1 0 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 13710801

【提出日】 平成15年 3月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06T 1/00
H01L 21/66
H01J 37/22

【発明の名称】 パターン計測装置、パターン計測方法および半導体装置
の製造方法

【請求項の数】 17

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
横浜事業所内

【氏名】 三 井 正

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

【識別番号】 100075812

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 武 賢 次

【選任した代理人】

【識別番号】 100088889

【弁理士】

【氏名又は名称】 橘 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100096921

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 元 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100103263

【弁理士】

【氏名又は名称】 川 崎 康

【選任した代理人】

【識別番号】 100108785

【弁理士】

【氏名又は名称】 箱 崎 幸 雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 087654

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 パターン計測装置、パターン計測方法および半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

計測対象であるパターンを外部の撮像装置によりそれぞれ異なる焦点位置で撮像して得られた複数のパターン画像と、濃度勾配を有するように配置された複数の画素で構成されるパターンのデータであってパターン画像内で前記パターンの輪郭を検出する基準となる輪郭基準データとを格納する記憶手段と、

パターン画像上で前記輪郭基準データを走査し、前記パターンの輪郭点を検出するとともに、検出された前記パターンの輪郭点と前記輪郭基準データとの相関関係を表わす特徴量を算出する特徴量算出手段と、

算出された前記特徴量に基づいて、得られたパターン画像の撮像時の焦点位置が所望のパターン輪郭に適合しているかどうかの程度を表わす合焦状態を判定する合焦状態判定手段と、

前記合焦状態判定手段の判定結果に応じて、前記複数のパターン画像から前記パターンの計測に適合するパターン画像を選択する画像選択手段と、

選択されたパターン画像を処理して前記パターンを計測する計測手段と、
を備えるパターン計測装置。

【請求項 2】

前記外部の撮像装置は、前記焦点位置を所定の初期値から所定のステップ幅の整数倍で規定される範囲内で調整可能な光学系を含み、

前記複数のパターン画像は、前記初期値に前記ステップ幅の整数倍を加えた値の焦点位置でそれぞれ撮像して得られたパターン画像である、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパターン計測装置。

【請求項 3】

前記画像選択手段は、前記合焦状態の判定結果に応じて複数のパターン画像を選択し、

前記選択された複数のパターン画像間で位置合せ処理を実行し、各パターン画

像内の前記パターンの輪郭点を単一の座標系に重畳させる画像処理手段をさらに備え、

前記計測手段は、前記単一の座標系に重畳されたパターン輪郭点の位置座標に基づいて前記パターンを計測する、ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のパターン計測装置。

【請求項 4】

前記画像選択手段は、前記合焦状態の判定結果に応じて複数のパターン画像を選択し、

前記選択された複数のパターン画像間で位置合せ処理を実行し、これらのパターン画像同士を合成する画像処理手段をさらに備え、

前記計測手段は、合成されたパターン画像に基づいて前記パターンを計測する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のパターン計測装置。

【請求項 5】

計測対象であるパターンを撮像する撮像装置であって前記パターンに対する焦点位置を所定の初期値から所定のステップ幅の整数倍で調整可能な光学系を含む外部の撮像装置に接続され、前記撮像装置から供給されるパターン画像に基づいて前記パターンを検査するパターン計測装置であって、

濃度勾配を有するように配置された複数の画素で構成されるパターンのデータであってパターン画像内で前記パターンの輪郭を検出する基準となる輪郭基準データを格納する記憶手段と、

パターン画像上で前記輪郭基準データを走査し、前記パターンの輪郭点を検出するとともに、検出された前記パターンの輪郭点と前記輪郭基準データとの相関関係を表わす特徴量を算出する特徴量算出手段と、

算出された前記特徴量に基づいて、パターン画像の撮像時における焦点位置が所望のパターン輪郭に適合しているかどうかの程度を表わす合焦状態を判定する合焦状態判定手段と、

パターン画像の撮像時における焦点位置が前記所望のパターン輪郭に適合していると前記合焦状態判定手段が判定した場合に、そのパターン画像を処理して前記パターンを計測する計測手段と、

パターン画像の撮像時における焦点位置が前記所望のパターン輪郭に適合していないと前記合焦状態判定手段が判定した場合に、前記光学系の焦点位置を変更するための制御信号を生成して前記撮像装置に供給する焦点位置制御手段と、を備えるパターン計測装置。

【請求項 6】

前記輪郭基準データは、既に処理されたパターン画像で検出された前記パターンの輪郭点から所定範囲内のみで走査される、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のパターン計測装置。

【請求項 7】

前記パターンは、複数の輪郭線を有し、

前記特徴量算出手段は、検出された前記輪郭点を前記輪郭線ごとに輪郭点グループに分類し、分類した前記輪郭点グループごとに前記特徴量を算出し、

前記合焦状態判定手段は、分類された前記輪郭点グループごとにパターン画像の合焦状態を判定する、請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のパターン計測装置。

【請求項 8】

前記特徴量は、複数の前記輪郭基準データを用いて算出される、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のパターン計測装置。

【請求項 9】

計測対象であるパターンを外部の撮像装置によりそれぞれ異なる焦点位置で撮像して得られた複数のパターン画像から前記パターンを計測する方法であって、

濃度勾配を有するように配置された複数の画素で構成されるパターンのデータであってパターン画像内で前記パターンの輪郭を検出する基準となる輪郭基準データをパターン画像上で走査することにより、前記パターンの輪郭点を検出するとともに、検出された前記パターンの輪郭点と前記輪郭基準データとの相関関係を表わす特徴量を算出し、

算出された前記特徴量に基づいて、得られたパターン画像の撮像時の焦点位置が所望のパターン輪郭に適合しているかどうかの程度を表わす合焦状態を判定し、

前記合焦状態の判定結果に応じて、前記複数のパターン画像から前記パターン

の計測に適合するパターン画像を選択し、

選択されたパターン画像を処理して前記パターンを計測する、
パターン計測方法。

【請求項 1 0】

前記外部の撮像装置は、前記焦点位置を所定の初期値から所定のステップ幅の整数倍で規定される範囲内で調整可能な光学系を含み、

前記複数のパターン画像は、前記初期値に前記ステップ幅の整数倍を加えた値の焦点位置でそれぞれ撮像して得られたパターン画像である、ことを特徴とする請求項 9 に記載のパターン計測方法。

【請求項 1 1】

前記合焦状態の判定結果に応じて複数のパターン画像が選択され、

前記選択された複数のパターン画像間で位置合せ処理が実行され、各パターン画像内の前記パターンの輪郭点が単一の座標系に重畳され、重畳されたパターン輪郭点の位置座標に基づいて前記パターンが計測される、ことを特徴とする請求項 9 または 1 0 に記載のパターン計測方法。

【請求項 1 2】

前記合焦状態の判定結果に応じて複数のパターン画像が選択され、

前記選択された複数のパターン画像間で位置合せ処理が実行されてこれらのパターン画像同士が合成され、合成されたパターン画像に基づいて前記パターンが計測される、ことを特徴とする請求項 9 乃至 1 1 のいずれかに記載のパターン計測方法。

【請求項 1 3】

計測対象であるパターンを撮像する撮像装置であって前記パターンに対する焦点位置を所定の初期値から所定のステップ幅の整数倍で調整可能な光学系を含む外部の撮像装置から前記パターンの画像を取得し、取得したパターン画像から前記パターンを検査するパターン計測方法であって、

濃度勾配を有するように配置された複数の画素で構成されるパターンのデータであってパターン画像内で前記パターンの輪郭を検出する基準となる輪郭基準データをパターン画像上で走査することにより、前記パターンの輪郭点を検出する

とともに、検出された前記パターンの輪郭点と前記輪郭基準データとの相関関係を表わす特徴量を算出し、

算出された前記特徴量に基づいて、パターン画像の撮像時における焦点位置が所望のパターン輪郭に適合しているかどうかの程度を表わす合焦状態を判定し、

パターン画像の撮像時における焦点位置が前記所望のパターン輪郭に適合していると判定された場合は、そのパターン画像を処理して前記パターンを計測し、

パターン画像の撮像時における焦点位置が前記所望のパターン輪郭に適合していないと判定された場合は、前記所望のパターン輪郭に適合すると判定されるまで前記光学系の焦点位置を変更して異なる焦点位置で新たなパターン画像を取得する、

パターン計測方法。

【請求項 1 4】

前記輪郭基準データは、既に処理されたパターン画像について検出された前記パターンの輪郭点から所定範囲内のみで走査される、請求項 9 乃至 1 3 のいずれかに記載のパターン計測方法。

【請求項 1 5】

前記パターンは、複数の輪郭線を有し、

検出された前記輪郭点は、前記輪郭線ごとに輪郭点グループに分類され、

前記特徴量は、分類された前記輪郭点グループごとに算出され、

パターン画像の合焦状態は、分類された前記輪郭点グループごとに判定される、請求項 9 乃至 1 4 のいずれかに記載のパターン計測方法。

【請求項 1 6】

前記特徴量は、複数の前記輪郭基準データを用いて算出される、請求項 9 乃至 1 5 のいずれかに記載のパターン計測方法。

【請求項 1 7】

請求項 9 乃至 1 6 のいずれかに記載のパターン計測方法を用いた計測工程を備える半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パターン計測装置、パターン計測方法および半導体装置の製造方法に関し、特に画像処理を用いたパターン計測を対象とする。

【0 0 0 2】**【従来の技術】**

従来の技術によるパターンの計測について、リソグラフィー工程やエッチング工程等の半導体の製造工程で形成される微細パターンの評価を取り上げて説明する。

【0 0 0 3】

半導体の微細パターンを評価するために、C D S E M (Critical Dimension Scanning Electron Microscope) を用いた寸法計測が広く実行されている。C D S E Mでは、計測対象パターンを上方から観察したS E M画像を取得し、このS E M画像からパターン各部のC Dが計測される。一般に、鮮明なパターン画像を得るためには、オートフォーカス (Auto Focus) と呼ばれる自動焦点合わせを行った後にS E M画像が取得される。自動焦点合わせの方法については、例えば、特許文献1に開示されている。

【0 0 0 4】

しかしながら、上記特許文献1の方法を用いても、場合によっては焦点が合っていない画像であるにもかかわらず焦点が合った状態のパターン画像と誤判定して、間違った検査結果を出力してしまうことがあり、焦点合わせの精度は必ずしも満足のいくものではなかった。また、例えば、パターンの輪郭が電子ビームの走査方向に対して直交していない場合にラインプロファイルに鈍りが生じたり、チャージアップやコンタミネーションによって試料が経時的に変化するなどの原因から、従来の方法による焦点合わせでは正しい焦点位置の検出が困難であった。さらに、焦点合わせ工程により検出された電子ビーム光学系のパラメータ (通常は対物レンズの励磁電流) を再度その値に設定する際に、電源の安定性等によりパターン画像が再現しないということも考えられる。

【0 0 0 5】

さらに、通常の半導体の微細パターンは、約数 n m から約数 μ m の高さの立体

構造を有している。このため、SEM画像によってこのようなパターンを観察する場合、焦点が合った（合焦）部分と焦点が合っていない（非合焦）部分とが、同一画像中に混在してしまう場合がある。このようなことは、画像を観察する目的ではもちろんのこと、その画像からパターン寸法等を計測する目的に照らしても好ましくない。CDSSEMの場合では、このような問題を回避するために電子ビーム光学系の焦点深度を深くする設計がなされている。

【0006】

しかし、焦点深度を深くするとビームの分解能は一般に低下する。例えば半導体の微細パターンを検査するためには、光学系に約1nmの分解能を保持する必要があるため、電子ビーム光学系の焦点深度を約1 μ m以下にする必要がある。さらに、自動焦点合わせを実行してパターンの計測対象部分に焦点を合わせる場合、その精度を焦点深度の約半分程度と見積もると、パターン輪郭線の高低差が1 μ m以下であっても、合焦した輪郭線と合焦していない輪郭線とが同一画像中に混在してしまう場合があり得る。

【0007】

上記問題を解決するために、焦点位置を変えた一連のパターン画像を取り込みながら、合焦状態を示す特徴量を計算しつつパターン画像を合成し、この合成したパターン画像に対して検査を実行するという方法が提案されている（例えば、特許文献2）。

【0008】

【特許文献1】

特開平5-190132号公報

【特許文献2】

特開2001-84944号公報

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特許文献2に開示された方法には、特徴量の計算およびパターン画像の合成にあたり、コンピュータのCPU（Central Processing Unit）の負荷が非常に大きく、その分だけ計測時間も必要となり、パターン計測のコ

ストが増大してしまう、という問題があった。

【0010】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、正確に焦点が合ったパターン画像から高精度かつ高速にパターンを検査するパターン計測装置、パターン計測方法およびこのパターン計測方法を用いた計測工程を備える半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明は、以下の手段により上記課題の解決を図る。

【0012】

即ち、本発明によれば、

計測対象であるパターンを外部の撮像装置によりそれぞれ異なる焦点位置で撮像して得られた複数のパターン画像と、濃度勾配を有するように配置された複数の画素で構成されるパターンのデータであってパターン画像内で上記パターンの輪郭を検出する基準となる輪郭基準データとを格納する記憶手段と、パターン画像上で上記輪郭基準データを走査し、上記パターンの輪郭点を検出するとともに、検出された上記パターンの輪郭点と上記輪郭基準データとの相関関係を表わす特徴量を算出する特徴量算出手段と、算出された上記特徴量に基づいて、得られたパターン画像の撮像時の焦点位置が所望のパターン輪郭に適合しているかどうかの程度を表わす合焦状態を判定する合焦状態判定手段と、この合焦状態判定手段の判定結果に応じて、上記複数のパターン画像から上記パターンの計測に適合するパターン画像を選択する画像選択手段と、選択されたパターン画像を処理して上記パターンを計測する計測手段と、を備えるパターン計測装置が提供される。

【0013】

また、本発明によれば、

計測対象であるパターンを撮像する撮像装置であって上記パターンに対する焦点位置を所定の初期値から所定のステップ幅の整数倍で調整可能な光学系を含む外部の撮像装置に接続され、上記撮像装置から供給されるパターン画像に基づい

て上記パターンを検査するパターン計測装置であって、濃度勾配を有するように配置された複数の画素で構成されるパターンのデータであってパターン画像内で上記パターンの輪郭を検出する基準となる輪郭基準データを格納する記憶手段と、パターン画像上で上記輪郭基準データを走査し、上記パターンの輪郭点を検出するとともに、検出された上記パターンの輪郭点と上記輪郭基準データとの相関関係を表わす特徴量を算出する特徴量算出手段と、算出された上記特徴量に基づいて、パターン画像の撮像時における焦点位置が所望のパターン輪郭に適合しているかどうかの程度を表わす合焦状態を判定する合焦状態判定手段と、パターン画像の撮像時における焦点位置が上記所望のパターン輪郭に適合していると上記合焦状態判定手段が判定した場合に、そのパターン画像を処理して上記パターンを計測する計測手段と、パターン画像の撮像時における焦点位置が上記所望のパターン輪郭に適合していないと上記合焦状態判定手段が判定した場合に、上記光学系の焦点位置を変更するための制御信号を生成して上記撮像装置に供給する焦点位置制御手段と、を備えるパターン計測装置が提供される。

【 0 0 1 4 】

また、本発明によれば、

計測対象であるパターンを外部の撮像装置によりそれぞれ異なる焦点位置で撮像して得られた複数のパターン画像から上記パターンを計測する方法であって、濃度勾配を有するように配置された複数の画素で構成されるパターンのデータであってパターン画像内で上記パターンの輪郭を検出する基準となる輪郭基準データをパターン画像上で走査することにより、上記パターンの輪郭点を検出するとともに、検出された上記パターンの輪郭点と上記輪郭基準データとの相関関係を表わす特徴量を算出し、算出された上記特徴量に基づいて、得られたパターン画像の撮像時の焦点位置が所望のパターン輪郭に適合しているかどうかの程度を表わす合焦状態を判定し、この合焦状態の判定結果に応じて、上記複数のパターン画像から上記パターンの計測に適合するパターン画像を選択し、選択されたパターン画像を処理して上記パターンを計測する、パターン計測方法が提供される。

【 0 0 1 5 】

また、本発明によれば、

計測対象であるパターンを撮像する撮像装置であって上記パターンに対する焦点位置を所定の初期値から所定のステップ幅の整数倍で調整可能な光学系を含む外部の撮像装置から上記パターンの画像を取得し、取得したパターン画像から上記パターンを検査するパターン計測方法であって、濃度勾配を有するように配置された複数の画素で構成されるパターンのデータであってパターン画像内で上記パターンの輪郭を検出する基準となる輪郭基準データをパターン画像上で走査することにより、上記パターンの輪郭点を検出するとともに、検出された上記パターンの輪郭点と上記輪郭基準データとの相関関係を表わす特徴量を算出し、算出された上記特徴量に基づいて、パターン画像の撮像時における焦点位置が所望のパターン輪郭に適合しているかどうかの程度を表わす合焦状態を判定し、パターン画像の撮像時における焦点位置が上記所望のパターン輪郭に適合していると判定された場合は、そのパターン画像を処理して上記パターンを計測し、パターン画像の撮像時における焦点位置が上記所望のパターン輪郭に適合していないと判定された場合は、上記所望のパターン輪郭に適合すると判定されるまで上記光学系の焦点位置を変更して異なる焦点位置で新たなパターン画像を取得する、パターン計測方法が提供される。

【 0 0 1 6 】

さらに、本発明によれば、上述したパターン計測方法を用いた計測工程を備える半導体装置の製造方法が提供される。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態のいくつかについて図面を参照しながら説明する。以下では、半導体製造プロセスのパターン計測に使用される C D S E M により得られた S E M 画像を処理する場合を取り上げて説明する。しかしながら、本発明は、半導体装置の製造分野に限定されることなく、画像処理を用いる他の様々な分野に好適なパターン計測方法およびその方法を実現するための装置を提供するものである。また、S E M 画像に限ることなく、例えば光学的撮像装置により得られた光顕画像についても同様に適用することが可能である。

【 0 0 1 8 】

(1) パターン計測装置の実施の一形態

図1は、本発明にかかるパターン計測装置の実施の一形態の概略構成を示すブロック図である。同図に示すパターン計測装置10は、ワークステーション（EWS）12と、画像処理装置14と、メモリMR2と、出力装置18とを備える。

【0019】

メモリMR2は、後述する、本発明にかかるパターン計測方法の実施の形態の具体的手順がアルゴリズムとして書き込まれたレシピファイルを格納する。出力装置18は、後述する画像処理装置14により処理されたパターン画像等をディスプレイ等により適宜表示する。ワークステーション12は、メモリMR2からレシピファイルを読み出し、このレシピファイルに従って装置全体を制御する。ワークステーション12はまた、画像処理装置14の合焦状態判定部の判定結果に従い、外部のパターン画像取得装置に対して光学系の焦点位置を変更するための制御信号を生成して出力する。この点は後述する。

【0020】

画像処理装置14は、CPU22と、画像処理部24と、画像メモリ制御部26と、画像メモリ28と、規格化相関値算出部32と、合焦状態判定部34と、パターン画像選択部36と、計測部38と、メモリMR4とを含む。

【0021】

メモリMR4には、計測対象のパターンを撮像して得られたパターン画像中で、パターン輪郭を検知する基準となる輪郭基準データが予め定義されて格納されている。画像処理部24は、外部の撮像装置、例えば電子ビーム装置（図3参照）からそれぞれ異なる焦点位置で計測対象パターンを撮像した一連のパターン画像（例えばSEM画像）データの供給を受け、各パターン画像上で輪郭基準データを走査することによりパターンの輪郭点の位置座標とその点における相関値を出力する。画像メモリ制御部26は、パターン輪郭点の座標位置情報とともに各パターン画像にアドレスを割り当てて画像メモリ28に格納する。規格化相関値算出部32は、画像処理部24から輪郭点の相関値のデータを受けて各パターン画像について規格化相関値 R_n を算出する。合焦状態判定部34は、算出された

規格化相関値 R_n の供給を受けて各パターン画像について計測対象のパターンに対する合焦状態を判定する。パターン画像選択部 36 は、合焦状態判定部 34 の判定結果を受け、一連のパターン画像から、狙いのパターン輪郭に焦点位置が最も適合したパターン画像、または適合した状態に最も近いパターン画像を選択する。計測部 38 は、パターン画像選択部 36 が選択したパターン画像に基づいてパターンの寸法および形状等を計測する。

【0022】

図 1 に示すパターン計測装置 10 の動作について、本発明にかかるパターン計測方法の実施の形態として、より詳細に説明する。

【0023】

(2) パターン計測方法の第 1 の実施の形態

本実施形態では、図 2 に示すようなラインパターンを CDS-SEM で計測する場合を取り上げて説明する。

【0024】

図 3 は、本実施形態のパターン計測方法を説明するためのブロック図で模式ある。同図に示すように、前述したパターン計測装置 10 は電子ビーム装置 70 に接続される。電子ビーム装置 70 は、CDS-SEM 80 とスキャンコンバータ 90 と電圧制御部 100 とを備える。CDS-SEM 80 は、電子銃部 82 と電子光学系 84 と検出器 86 とを有する。電子銃部 82 は、電子ビームを生成して計測対象パターンが形成された試料（図示せず）に向けて出射する。電子光学系 84 は、電圧制御部 100 から制御信号の供給を受け、電子ビームが計測対象パターンの表面で集光するように電子ビームの軌道を制御しつつ電子ビームを走査する。電圧制御部 100 は、パターン計測装置 10 のワークステーション 12 に接続され、電子光学系 84 を制御するための制御信号の供給を受ける。この制御信号には、電子光学系 84 内の対物レンズ（図示せず）への励磁電流を制御するための信号が含まれる。検出器 86 は、電子ビームの照射を受けて試料の表面から放出される二次電子等を検出する。スキャンコンバータ 90 は、検出器 86 が出力する二次電子信号をビデオ信号に変換し、パターン画像を構成するデジタル信号としてパターン計測装置 10 の画像処理部 24 に供給する。

【 0 0 2 5 】

パターン計測方法の具体的手順として、まず、パターン計測装置 1 0 のワークステーション 1 2 が、電子光学系 8 4 内の対物レンズ（図示せず）への励磁電流を変化させるように制御信号を生成して電圧制御部 1 0 0 に伝送し、それぞれ異なる焦点距離で検査対象パターンを撮像した複数のパターン画像を取得する。このようにして得られたパターン画像の具体例を図 4 に模式的に示す。同図（a）～（d）に示すパターン画像 I m L 1 ～ I m L 5 において、図示の便宜上、輪郭線の濃度が濃いパターン画像ほど、ラインパターン P 1 の輪郭線に対して焦点が合っていることを表わす。

【 0 0 2 6 】

ここで、パターン輪郭の輪郭基準データについてより具体的に説明する。輪郭基準データとは、濃度勾配を有するように配置された複数の画素で構成されるパターンのデータであり、例えば図 5 に示すような線形の勾配を有する輪郭基準データ R D e 1 でも、また、図 6 に示すような非線形の勾配を有する輪郭基準データ R D e 2 でも良い。さらには、焦点位置が適合した状態にあるパターン画像を予め取得しておき、その輪郭から最適な輪郭基準データを決定しても良い。

【 0 0 2 7 】

パターン計測装置 1 0 の画像処理部 2 4 は、このような輪郭基準データを各パターン画像上で走査することにより、パターンの輪郭点の位置座標を検出するとともに、その輪郭点の画素と輪郭基準データとの相関値をそれぞれ出力する。輪郭基準データの走査方法と相関値の算出方法については、特願 2 0 0 1 - 2 9 4 2 0 9 を参照されたい。この参照により当該発明の内容を本願明細書に引用したものとする。

【 0 0 2 8 】

次に、規格化相関値算出部 3 2 が規格化相関値 R_n を算出する。規格化相関値 R_n は、画像処理部 2 4 により出力された輪郭点の相関値の合計 R を輪郭点の数 N で割ることにより得られる。図 4 に示すパターン画像 I m L 1 ～ I m L 5 から得られた規格化相関値 R_n を図 7 のグラフに示す。図 7 のグラフにおいて、X 軸は焦点距離を表わし、Y 軸は規格化相関値 R_n を表わす。図 7 の例によれば、図

4 (c) のパターン画像 I m L 3 を取得した時の焦点距離が最高の規格化相関値 R_n を与える焦点距離であり、このことからパターン画像 I m L 3 の焦点位置がパターン P 1 の輪郭に最も適合しているか、または適合した状態に最も近い状態であることが分かる。合焦状態判定部 34 は、各輪郭線毎の規格化相関値 R_n から各パターン画像の合焦状態を判定し、この判定結果を受けてパターン画像選択部 36 は、少なくとも焦点が適合した状態に最も近いパターン画像、本実施形態ではパターン画像 I m L 3 を選択する。最後に計測部 38 が、選択されたパターン画像 I m L 3 に対してラインパターン P 1 のパターン幅等の寸法を計測する。ここで、パターン輪郭点の座標は画像処理部 24 により既に求められているので、例えば特開 2002-288677 号公報に開示される方法を用いれば、短時間でかつ高い精度でラインパターン P 1 の線幅等を計測することができる。

【0029】

なお、上述した実施形態では、異なる焦点距離で得られたパターン画像を複数枚だけ取り込んだ後に規格化相関値 R_n の算出および合焦状態の判定を実行したが、この方法に限ることなく、パターン画像の焦点位置の範囲を所定の初期値とステップ幅とで予め決定しておき、一枚のパターン画像を取得して規格化相関値 R_n を算出し、得られた規格化相関値 R_n が所定の閾値を下回る場合にのみ、次のステップ幅だけ焦点距離を変化させてパターン画像を取得して規格化相関値 R_n の算出および合焦状態の判定を実行し、この手順を所定の閾値以上になるまで繰り返すこととしても良い。この時のステップ幅は電子ビーム装置 70 の電子光学系 84 の焦点深度以下であれば任意の幅に設定することができる。また、各パターン画像上での輪郭基準データの走査についても、各パターン画像について全ての範囲を走査する必要はなく、焦点距離の変化に応じて輪郭位置の変化する範囲も限られているので、一つ前に取得されたパターン画像の輪郭位置から所定範囲内だけを走査すれば足り、これにより検査時間をさらに短縮することができる。

【0030】

(3) パターン計測方法の第 2 の実施の形態

本実施形態では、例えば図 8 に示すホール (hole) パターンの穴底の直径を C

DSEMで計測する場合を取り上げて説明する。図8（a）および（b）に示すホールパターンP3において、そのホールの深さDhは電子ビーム装置の電子光学系の焦点深度よりも深いものとする。この場合は、単一の焦点距離でパターンP3のトップエッジとボトムエッジの両方を同時に捉えることができない。

【0031】

上述した第1の実施の形態と同様に、電子ビーム装置70の電子光学系84内の対物レンズ（図示せず）への励磁電流を変化させながら一連のパターン画像を取得したパターン画像の具体例を図9（a）～（d）に模式的に示す。

【0032】

従来、このようなホールパターンに対して焦点合わせを実行すると、パターン画像Imh1～Imh5のうち、図9（d）の画像Imh4のようにその焦点がホールパターンP3のトップエッジに適合している状態と、図9（b）の画像Imh2のようにその焦点がホールパターンP3のボトムエッジに適合した状態との中間の状態、例えば図9（c）のパターン画像Imh3を選択していた。このために正確な寸法を測定することができなかった。

【0033】

本実施形態では、まず、パターン計測装置10の画像処理部24が各パターン画像Imh1～Imh5について検出した輪郭点をその位置座標に基づいてグルーピングする。ここでは、全ての輪郭点がトップエッジに属するものとボトムエッジに属するものとの2グループに分類される。次に、規格化相関値算出部32がこれらの輪郭点のグループ（輪郭線）毎に規格化相関値Rnを算出し、合焦状態判定部34が、算出された各規格化相関値Rnから各パターン画像の合焦状態を各グループごとに判定する。

【0034】

図10は、各パターン画像における規格化相関値Rnと焦点距離との関係を上記輪郭点グループごとにプロットしたグラフである。図7と同様に、図10においてもX軸は焦点距離を表わし、Y軸は規格化相関値Rnを表わす。図10から、パターン画像Imh4、Imh2の合焦状態がグラフの極値として表現されていることが分かる。即ち、輪郭点グループ1のグラフの極値から、パターン画像

Imh4の焦点がパターンP3のトップエッジに適合しており、また、輪郭点グループ2のグラフの極値から、パターン画像Imh2の焦点がパターンP3のボトムエッジに適合していることが分かる。従って、ホールパターンP3のトップエッジの寸法を計測したい場合にはパターン画像Imh4の輪郭点グループ1の輪郭線から測定すれば良く、また、ホールパターンP3のボトムエッジの寸法を測定したい場合には、パターン画像Imh2の輪郭点グループ2の輪郭線から測定すれば良い。パターン計測装置10のパターン画像選択部36は計測目的に応じてパターン画像を選択する。

【0035】

以上の説明では輪郭点のグルーピング操作を実行したが、グルーピングを実行することなく、パターン画像内の輪郭点の全てについて規格化相関値 R_n を求めることとしても良い。この場合は、規格化相関値 R_n と焦点距離との関係は例えば図11のグラフに示すようになり、このグラフの極値からトップエッジおよびボトムエッジにそれぞれ対応したパターン画像Imh4, Imh2を選択することができる。

【0036】

(4) パターン計測方法の第3の実施の形態

前述した第2の実施の形態では、図10のグラフにおける2つの極大値に対応するパターン画像Imh4, Imh2のそれぞれに対して個別に計測を実行する場合について説明した。本実施形態では、これら2つのパターン画像を画像合成して得られた画像について計測を実行する。

【0037】

一般に、焦点距離が変化すると、画像取得装置（撮像装置）の光学系の収差等の影響から画像の位置も移動してしまう。このため、パターン画像の合成に先立って、合成される画像同士で位置合せを実行する必要がある。図1に示すパターン計測装置10によれば、規格化相関値 R_n の算出に先立って計測対象パターンの輪郭点が既に検出されているので、この輪郭点の座標情報を用いてパターン画像同士の位置合わせを行なうことができる。画像合成に関しては既に様々な方法が提案されており、本実施形態ではこれらのうちのどの合成方法を用いても良い。

。画像合成は、例えば図 1 に示すパターン計測装置 10 であれば画像処理部 24 が実行する。図 9 に示すパターン画像 I_{mh2} , I_{mh4} の合成画像 I_{mhc} を図 12 に示す。

【0038】

このように本実施形態によれば、合成により得られた画像に対してパターン寸法等の計測を実行するので、短時間にかつ優れた精度で、例えばホールパターンの穴底の直径等を計測することができる。この場合、ホールパターンのトップエッジの寸法とボトムエッジの寸法とを計測することにより、例えばホールパターン P3 の側壁の角度 θ (図 8 (b) 参照) が既知である場合には穴の深さ D_h (図 8 (b) 参照) をさらに算出することができ、またはこれとは逆に、穴の深さ D_h が既知の場合にはホールパターン P3 の側壁の角度 θ を算出することができる。

【0039】

(5) パターン計測方法の第 4 の実施の形態

本実施形態は、図 8 に示すホールパターン P3 を、上述した第 2 および第 3 の実施の形態とは異なる方法で計測する方法を提供するものである。

【0040】

例えば、前述した第 3 の実施の形態では、パターン画像 I_{mh2} と I_{mh4} とを合成したパターン画像 I_{mhc} に対して計測を実行することによりパターン寸法を取得した。しかしながら、パターン計測の目的等に応じて、パターンの観察そのものは必要とせず、例えばパターン計測のみ得られれば足りる場合もあり、この場合にはパターン画像を合成する必要が無い。このような場合、輪郭点の座標は、各パターン画像 I_{mh2} , I_{mh4} からパターン計測装置 10 の画像処理部 24 により既に検出されているので、これらの座標情報を用いてパターン画像同士の位置合せを実行し、その後、各パターン画像で検出された輪郭点のうちで相関値の強度が相対的に高いもの、例えば最高強度から 80% 以上の相関値を有する輪郭点のみを単一の座標系に重畳させることにより、パターン計測を実現することができる。このとき、各輪郭点についてどちらのパターン画像に起因するかグループ分けを実行していれば、異なる輪郭線間の寸法測定も可能である。

【0041】**(6) パターン計測方法の第5の実施の形態**

本実施形態では、例えば図13に示すパターンP5のように、異なる輪郭を有する複数のパターンが共存する場合を取り上げて説明する。このようなパターンは、半導体の製造プロセスにおいて下層のパターンの上に上層パターンが形成される場合に観察される。図13に示すパターンP5を撮像して得られたパターン画像の一例Imceを図14に示す。

【0042】

このような複数のパターンが共存するパターンに対して、例えば第1の実施の形態のように単一の輪郭基準データを用いると、規格化相関値 R_n と焦点距離との関係を示すグラフは図15のようになり、輪郭基準データと異なる濃度変化パターンを有する輪郭の検出感度が著しく低下してしまう。

【0043】

そこで、それぞれのパターン輪郭に適合する複数の輪郭基準データを予め定義しておく。本実施形態では、図16(a)および(b)に示すように、2つの輪郭基準データ RD_a 、 RD_b を定義した。

【0044】

図17は、図16に示す輪郭基準データ RD_a 、 RD_b を用いて図14のパターン画像を走査して得られた、規格化相関値 R_n および焦点距離との関係を示すグラフである。図17から明らかなように、輪郭基準データ RD_a については図15と同様の結果となるが、輪郭基準データ RD_b については、高い相関値で極大値を形成しており、グループ2の輪郭線について適切な焦点距離で得られたパターン画像から輪郭点を感度良く検出することができる。

【0045】**(7) 半導体装置の製造方法**

上述したパターン計測方法の実施の形態を用いて半導体装置を製造することにより、基板上に設けられたパターンを精度良くかつ高速に検査することができるので、高いスループットおよび歩留まりで半導体装置を製造することが可能になる。

【 0 0 4 6 】**【発明の効果】**

以上詳述したとおり、本発明は、以下の効果を奏する。

【 0 0 4 7 】

即ち、本発明によれば、正確に焦点が適合したパターン画像を用いて計測対象のパターンを高精度かつ高速に検査することができる。

【 0 0 4 8 】

また、本発明によれば、パターンを高精度かつ高速に検査する方法を用いるので、高いスループットおよび歩留まりで半導体装置を製造することができる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明にかかるパターン計測装置の実施の一形態の概略構成を示すブロック図である。

【図 2】

検査対象であるラインパターンの一具体例を示す図である。

【図 3】

本発明にかかるパターン計測方法の第 1 の実施の形態を説明するブロック図である。

【図 4】

異なる焦点距離で得られた複数のパターン画像の具体例を示す模式図である。

【図 5】

線形の濃度勾配を有する輪郭基準データの一具体例を示す。

【図 6】

非線形の濃度勾配を有する輪郭基準データの一具体例を示す。

【図 7】

図 4 に示すパターン画像から得られた規格化相関値を示すグラフである。

【図 8】

(a) はホールパターンの一具体例のパターン画像を示し、(b) は (a) のホールパターンの断面形状を示す図である。

【図 9】

図 8 に示すホールパターンを異なる焦点距離で撮像したパターン画像の具体例を示す模式図である。

【図 10】

図 9 に示すパターン画像について規格化相関値 R_n と焦点距離との関係をプロットしたグラフである。

【図 11】

図 9 に示すパターン画像について、グルーピングを実行することなく規格化相関値 R_n と焦点距離との関係をプロットしたグラフである。

【図 12】

図 9 に示すパターン画像同士の合成画像を示す図である。

【図 13】

異なる輪郭を有する複数のパターンで構成されるパターンの一例を示す図である。

【図 14】

図 13 に示すパターンを撮像して得られたパターン画像の一例を示す。

【図 15】

図 14 に示すパターン画像について、単一の輪郭基準データを用いた場合に得られる、規格化相関値 R_n と焦点距離との関係を示すグラフの一例を示す。

【図 16】

図 13 に示す複数パターンについて各パターンの輪郭に適合するように予め定義された複数の輪郭基準データの具体例を示す。

【図 17】

図 16 に示す輪郭基準データを用いて図 14 のパターン画像を走査して得られた、規格化相関値 R_n および焦点距離との関係を示すグラフである。

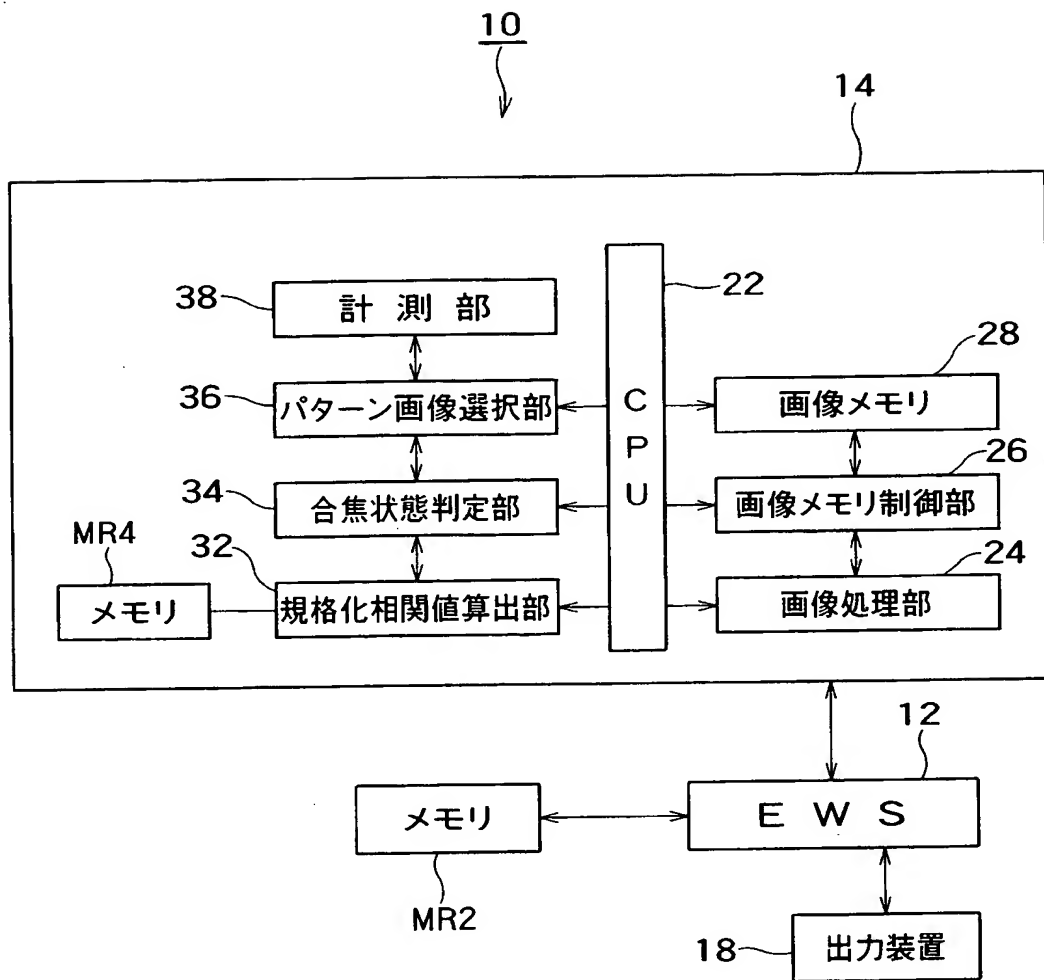
【符号の説明】

- 10 パターン計測装置
- 12 ワークステーション
- 14 画像処理部

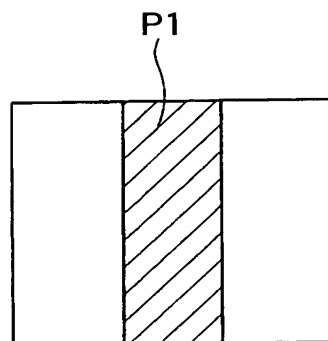
18 出力装置
22 CPU
24 画像処理部
26 画像メモリ制御部
28 画像メモリ
32 規格化相関値算出部
34 合焦状態判定部
36 パターン画像選択部
38 計測部
70 電子ビーム装置
80 CDSEM
82 電子銃部
84 電子光学系
86 検出器
90 スキャンコンバータ
100 電圧制御部
Imce, ImL1~ImL5, Imh1~Imh5 パターン画像
Imhc 合成画像
MR2, MR4 メモリ
P1, P3, P5 パターン
RD a, RD b, RD e1, RD e3 輪郭基準データ

【書類名】 図面

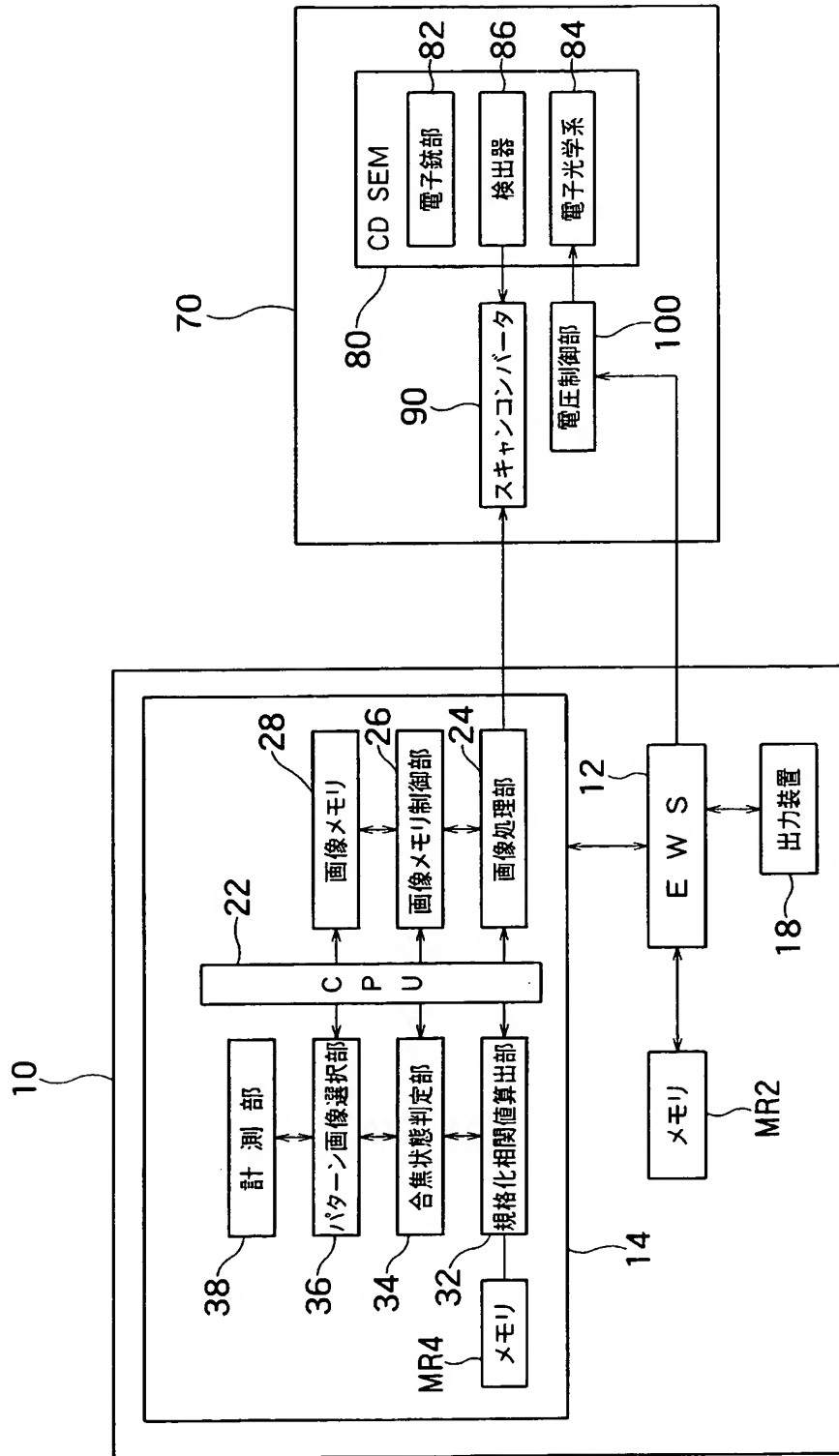
【図 1】



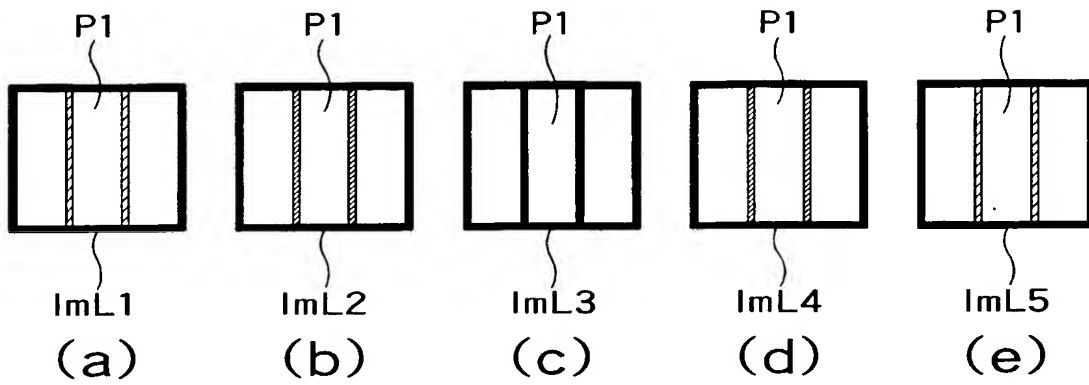
【図 2】



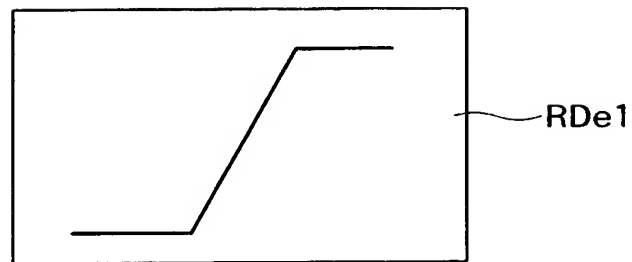
【図 3】



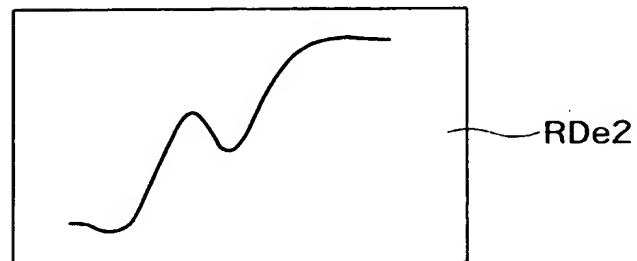
【図 4】



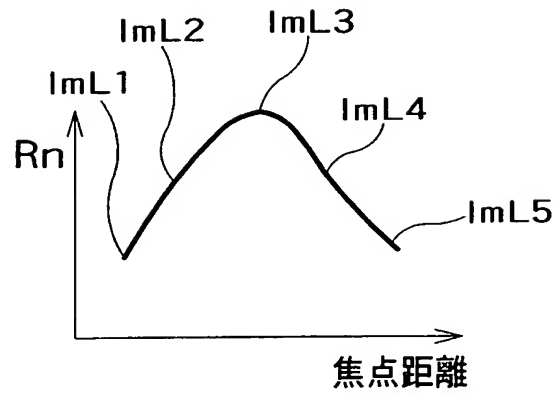
【図 5】



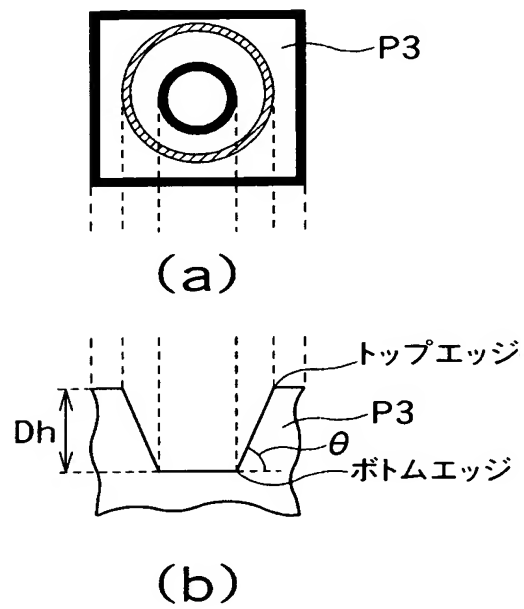
【図 6】



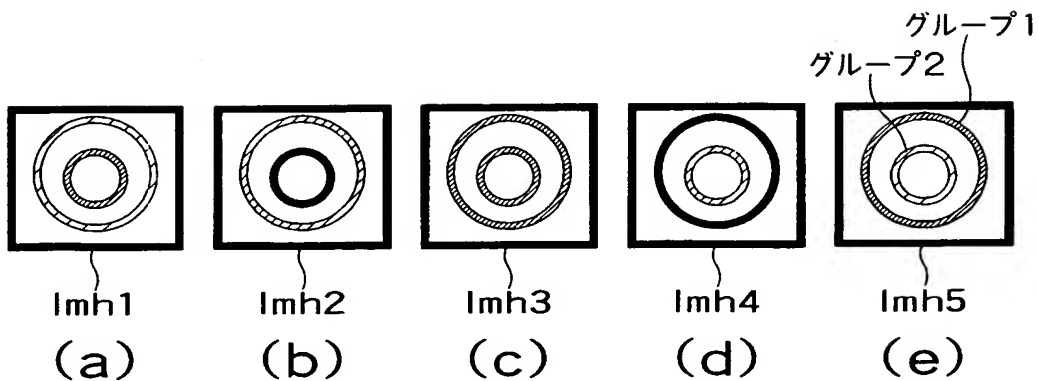
【図 7】



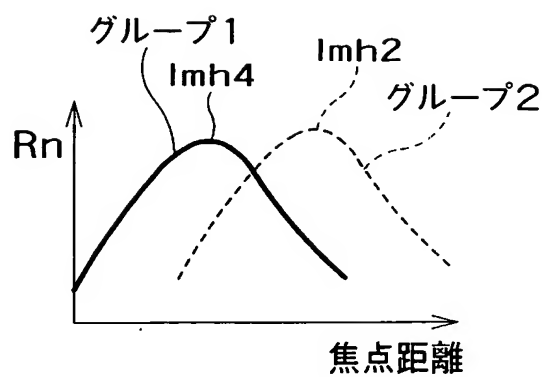
【図 8】



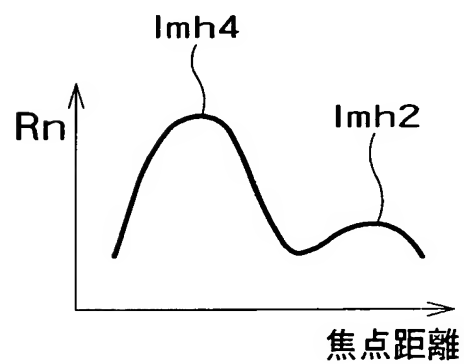
【図 9】



【図 10】



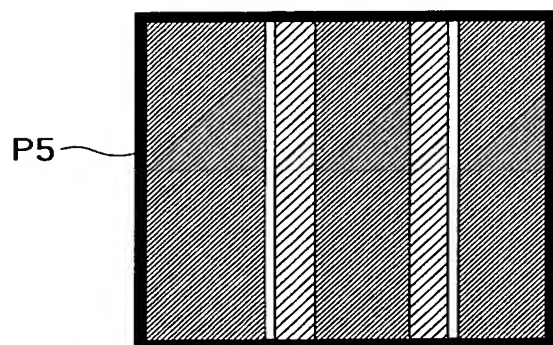
【図 11】



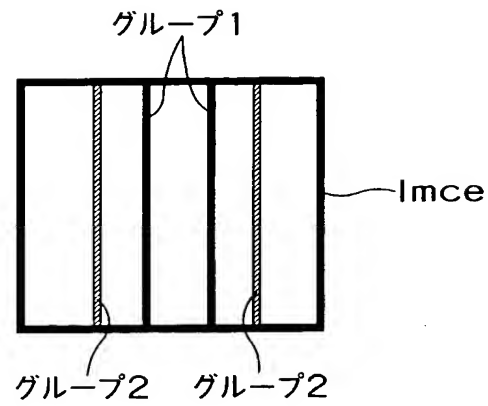
【図 12】



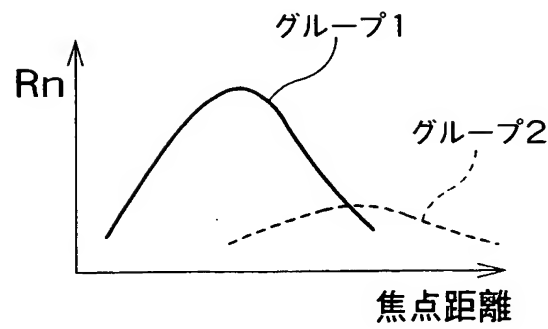
【図 13】



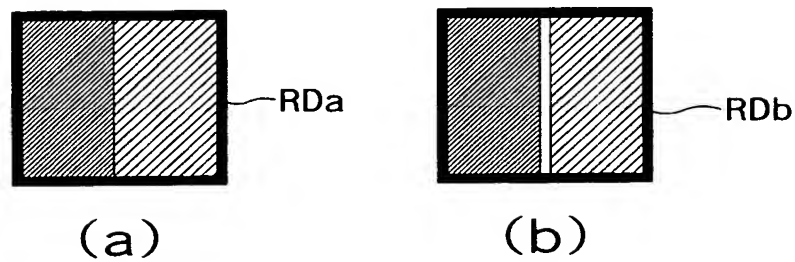
【図 14】



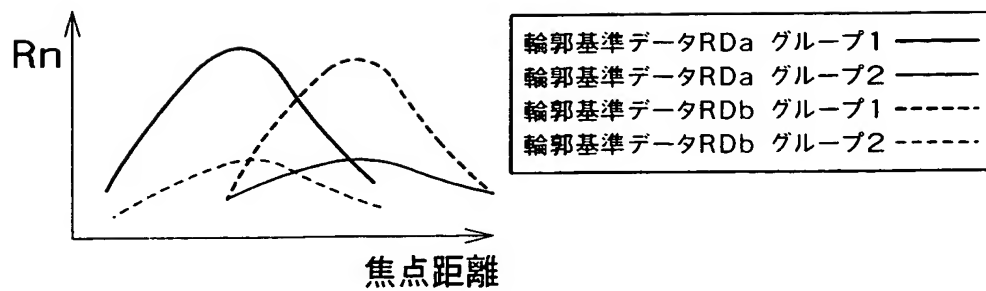
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 正確に焦点が合ったパターン画像から高精度かつ高速にパターンを計測する。

【解決手段】 パターン計測装置 10 は、それぞれ異なる焦点位置でパターン P1 を撮像して得られた複数のパターン画像の供給を受け、濃度勾配を有するように配置された複数の画素で構成されるパターンのデータである輪郭基準データ RDe1 をパターン画像上で走査し、検出した輪郭点と輪郭基準データ RDe1 との規格化相関値を算出する規格化相関値算出部と、算出された相関値に基づいて、得られたパターン画像の合焦状態を判定する合焦状態判定部 34 と、この判定結果に応じて、複数のパターン画像からパターン P1 の計測に適合するパターン画像を選択するパターン画像選択部 36 と、選択されたパターン画像を処理してパターン P1 を計測する計測部 38 と、を備える。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 8 3 3 2 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

氏 名

株式会社東芝